

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-330817

(43)Date of publication of application : 22.12.1997

(51)Int.Cl.

H01F 17/00
H01F 41/04

(21)Application number : 08-149626

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 12.06.1996

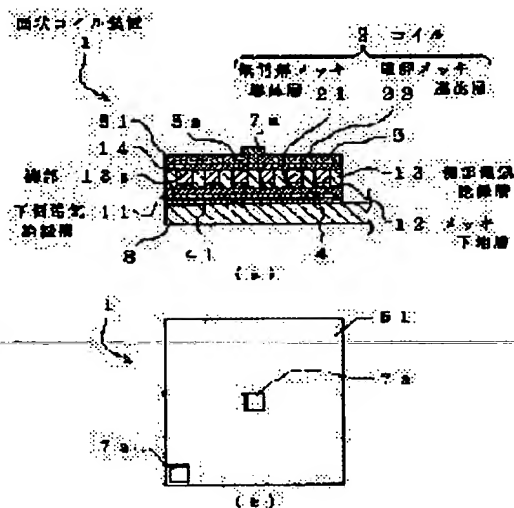
(72)Inventor : EDO MASAHARU

(54) FLAT COIL DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a flat coil device which can have a high Q value and can be manufactured with a less number of steps, and also to provide a method for manufacturing the flat coil device.

SOLUTION: A flat coil device 1 has big features in two points, i.e., structure of a spiral coil 2 and method for manufacturing the coil. In a conductor part of the coil 2, a electrically-insulating side layer 13 made of photosensitive polyimide is subjected to a photolithographic process to form a groove 13a therein, a plating underlying layer 12 is formed on a surface of a lower electrically-insulating film 11 by a sputtering process so that electrically conductive particles are discretely formed, an electroless-plated conductive layer 21 is formed by an electroless-plating process on the underlying layer 12 as a plating pattern of the groove 13a, and an electroplated semiconductor layer 22 is formed by an electroplating process with the electroless-plated conductor layer 21 used as a conductive layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-330817

(43) 公開日 平成9年(1997)12月22日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 17/00			H 0 1 F 17/00	B
41/04			41/04	C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-149626

(22) 出願日 平成8年(1996)6月12日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 江戸 雅晴

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山口 肇

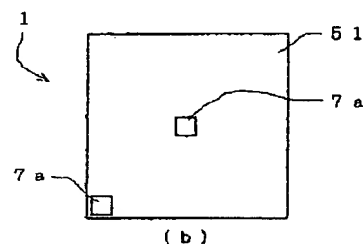
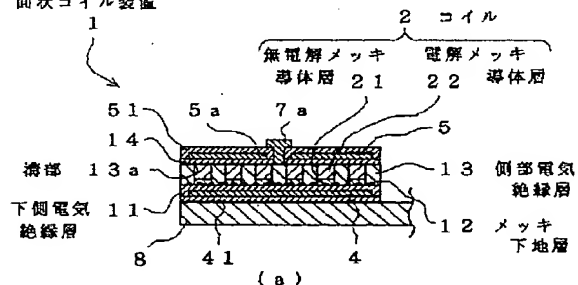
(54) 【発明の名称】 面状コイル装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高いQ値を持ち得ると共に、少ない工程数で製造できるように改良された面状コイル装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 面状コイル装置1は、スパイラル状のコイル2の構造と製造方法に大きな特徴を持っている。コイル2の導体部は、感光性ポリイミド製の側部電気絶縁層13にフォトリソグラフィ法で形成された溝部13aをメッキパターンとして、下側電気絶縁膜11の表面にスパッタ法で導電粒子が離散的に形成されてなるメッキ下地層12の上に、無電解メッキ法で形成された無電解メッキ導体層21と、無電解メッキ導体層21を通電層として用いて電解メッキ法で形成された電解メッキ導体層22とで構成されている。

面状コイル装置



【特許請求の範囲】

【請求項1】面状に形成された下側電気絶縁層と、下側電気絶縁層の表面上に導電性粒子が離散的に付着されることで形成されたメッキ下地層と、メッキ下地層の上に、樹脂材を用いコイル導体用の溝部を有して形成された側部電気絶縁層と、メッキ下地層の上の前記の溝部が形成された部位に、少なくともメッキ下地層側については無電解メッキ法により形成されたコイル導体と、側部電気絶縁層の前記の溝部を除く部分の上面部およびコイル導体の上面部を覆い樹脂材を用いて形成された上側電気絶縁層とを備えたことを特徴とする面状コイル装置。

【請求項2】請求項1に記載の面状コイル装置において、

側部電気絶縁層に用いられる樹脂材は、感光性の合成樹脂材であることを特徴とする面状コイル装置。

【請求項3】電気絶縁材を用いて下側電気絶縁層を面状に形成する工程と、下側電気絶縁層の表面上に物理的手法を用いて導電性粒子を離散的に付着させることでメッキ下地層を形成する工程と、メッキ下地層の上に樹脂材を塗布し、コイル導体用の溝部を有するようにして側部電気絶縁層を形成する工程と、メッキ下地層の上の前記の溝部が形成された部位に、少なくともメッキ下地層側については無電解メッキ法によってコイル導体を形成する工程と、側部電気絶縁層の前記の溝部を除く部分の上面部およびコイル導体の上面部を覆って樹脂材を塗布し、上側電気絶縁層を形成する工程とを備えたことを特徴とする面状コイル装置の製造方法。

【請求項4】請求項3に記載の面状コイル装置の製造方法において、

側部電気絶縁層を形成する工程に用いられる樹脂材は感光性の合成樹脂材であり、この感光性の合成樹脂材を加熱して行われる焼成処理工程後に、コイル導体を形成する工程が実行されることを特徴とする面状コイル装置の製造方法。

【請求項5】請求項4に記載の面状コイル装置の製造方法において、

側部電気絶縁層を形成する工程は、感光性の合成樹脂材を用いて複数の塗布回数を経て行われることを特徴とする面状コイル装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、コイル部等がIC製造技術を活用することによって面状に形成されてなり、リアクトル装置などに採用されている面状コイル装置に係わり、品質係数 $Q[2\pi f(f; \text{リアクトル装置などが動作する周波数の値}) \cdot L(L; \text{リアクトル装置などが持つインダクタンスの値}) / R(R; \text{リアクトル装置などが持つ電気抵抗の値})]$ で定義される係数値等が向上できるように改良されたその構造および製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】電源装置、高周波フィルタ装置などに用いられるリアクトル装置や変圧器装置の類にあっては、近年、その小形化、偏平化などの実現のために、それ等の主要部であるコイル部等をIC製造技術を活用して面状に製造することが行われるようになってきている。

〔特開昭61-136363号公報、特開平2-123706号公報、PESC '91 Record, p20(1991)、電気学会研究会資料—マグネティックス研究会 MAG-93-112などを参照〕

これ等のIC製造技術が用いられているリアクトル装置、変圧器装置等の製造に際しては様々な製作方法が採用されており、例えば、スパッタ法によって順次SiO₂膜、Cu膜、Ta膜を形成し、この内のTa膜をマスクとして用いてN₂イオンビームエッチングによりCu膜をパターン化する工程と、層間絶縁膜の形成、磁性膜の形成とを繰り返すことでその主要部を製作する変圧器装置などの事例が知られている。また、コイルの導体部をスパッタ法や真空蒸着法によって形成する方法に替えて、最近では選択メッキ法により形成する方法が注目されるようになってきている。

【0003】以降、メッキ法を用いてコイルを製作するようにした従来例の面状コイル装置について図面を用いて説明をする。まず図9に示したのは、文献に開示されている従来例の面状コイル装置である。ここで図9の(a)乃至(g)は、メッキ法を用いる従来例の面状コイル装置の製造過程を模式的に示す断面図である。なお、図9の(b)乃至(g)の各図中には、すでに前の工程に関する図で説明済の符号についてはその一部を省略した。

【0004】図9において、9は、スパイラル状に形成されたコイル7を主体とする面状コイル装置であり、平板状のシリコン製の基板8上に形成されている。面状コイル装置9の製作工程は、まず、基板8上に、SiO₂を蒸着法を用いて1(μm)程度の膜厚に成膜した下側電気絶縁膜81が形成される〔図9(a)〕。次に、下側電気絶縁膜81上に、Cuなどの導電材を蒸着法を用いて0.1(μm)程度の膜厚に成膜した電解メッキ用の通電層78が形成される〔図9(b)〕。次に、通電層78上にフォトレジストが塗布され、このフォトレジストを周知のフォトリソグラフィ法と周知のエッチング法とを用いて加工することで、スパイラル状のパターンを有するレジストパターン91が形成される〔図9(c)〕。

【0005】次に、レジストパターン91を型として用い、Cuを電解メッキ法によって析出させた導電層72が形成される〔図9(d)〕。その後、レジストパターン91を有機溶剤を用いて除去した上で、レジストパターン91が形成されていた部位の通電層78がエッチング法により除去され、スパイラル状の導電層71が得ら

れる〔図9(e)〕。かくして得られたスパイラル状の導電層71、導電層72が、面状コイル装置9のコイル7である。続いて、コイル7の側部と上部とに、感光性のポリイミドまたはポリアミドを用いて外側電気絶縁層82が形成され、この外側電気絶縁層82のコイル7の端部に対応する部位には貫通穴82aがフォトリソグラフィ法を用いて穿たれる〔図9(f)〕。

〔0006〕面状コイル装置9が持つコイル7の層数が複数である場合には、以上の工程を繰り返すことで、1層目のコイル7の上に2層目以降のコイル7が形成される。面状コイル装置9が持つ最上層のコイル7には、必要に応じて貫通穴82aから露出しているコイル7に、コンタクト部7a(例えば、ワイヤボンディングパッドである)が電気メッキ法により形成される〔図9(g)〕。なお、図9中では、面状コイル装置9が持つ各コイル7の巻数は3ターンであるとして描かれている。

〔0007〕次に図10に示したのは、特開平2-126610号公報で開示されている従来例の面状コイル装置である。ここで図10の(a)乃至(g)は、薄膜技術と選択メッキ法とを用いる従来例の面状コイル装置の製造過程を模式的に示す断面図である。なお、図9の(b)乃至(g)の各図中には、すでに前の工程に関する図で説明済の符号についてはその一部を省略した。

〔0008〕図10において、9Aは、スパイラル状に形成されたコイル7Aを主体とする面状コイル装置であり、半導体素子が作り込まれているシリコン製の基板8上に形成された、いわゆるオンチップの面状コイル装置である。面状コイル装置9Aの製作工程は、まず、面状コイル装置9の場合と同様にして基板8上に下側電気絶縁膜81が形成され〔図10(a)〕、続いて、下側電気絶縁膜81上に、Ti、Cr、Pdなどと、Ni、Cu、Agなどの多層金属膜79がスパッタ法で形成される〔図10(b)〕。次に、周知のフォトリソグラフィ法とエッチング法とを用いて多層金属膜79をスパイラル状に加工して下側導体層73が形成される〔図10(c)〕。次に、下側電気絶縁膜81の露出部と下側導体層73の上に非感光性の合成樹脂材を用いて電気絶縁膜が形成され、この電気絶縁膜の下側導体層73に対向する部位を周知のフォトリソグラフィ法とエッチング法を用いて除去することで側部電気絶縁層83が形成される〔図10(d)〕。

〔0009〕次に、下側導体層73が露出している部位に、電解メッキ法または無電解メッキ法によってAg、Cu、Auなどを析出させ、上側導体層74が形成される〔図10(e)〕。かくして得られたスパイラル状の下側導体層73とスパイラル状の上側導体層74とが、面状コイル装置9Aの場合のコイル7Aである。続いて、コイル7Aと側部電気絶縁層83の上側に、感光性のポリイミドまたはポリアミドを用いて上側電気絶縁層

84が形成され、コイル7Aの端部に対応する部位には貫通穴84aがフォトリソグラフィ法を用いて穿たれる〔図10(f)〕。面状コイル装置9Aが持つコイル7Aの層数が複数である場合には、以上の工程を繰り返すことで、1層目のコイル7Aの上に2層目以降のコイル7Aが形成される。

〔0010〕面状コイル装置9Aが持つ最上層のコイル7Aには、必要に応じて貫通穴84aから露出しているコイル7Aに、面状コイル装置9の場合と同様にコンタクト部7aが形成される〔図10(g)〕。なお、図10中では、面状コイル装置9Aが持つ各コイル7Aの巻数は3ターンであるとして描かれている。面状コイル装置9に関しては、外側電気絶縁層82を非感光性の合成樹脂材を用いて形成した事例も知られており、また、面状コイル装置9Aに関しては、側部電気絶縁層83を感光性の合成樹脂材を用いて形成した事例も知られている。さらに、下側電気絶縁膜81については、熱酸化シリコン膜、樹脂製の膜などを用いた事例も知られている。

〔0011〕なお、コイル7、7A等の上下に磁性膜を形成することで、面状コイル装置9、9AのインダクタンスLの値、したがって品質係数Q値(以降、単にQ値と略称する)を増大させるようにした面状コイル装置の事例(特開平5-6832号公報など)、この磁性膜にスリット等を形成することで交流磁場等の変動磁場下で磁性膜中に発生する渦流損値を低減するようにした面状コイル装置の事例(特開平6-77055号公報など)、コイル7、7A等の各ターンを複数に分割することなどで交流動作時のコイルの電気抵抗Rの値の増加度を抑制するようにした面状コイル装置の事例(特開平5-41320号公報など)なども知られている。

〔0012〕

【発明が解決しようとする課題】前述した従来技術による面状コイル装置、例えば、面状コイル装置9、9Aにおいては、ある程度の厚さ方向寸法を持つコイル(例えば、コイル7、7Aである)を得ることができると共に、リアクトル装置、変圧器装置などの小形化、偏平化に成功している。しかしながら、一般にQ値は、周知のことから厚さ方向寸法を大きくするほど大きな値を得ることができることから、リアクトル装置などにあっては、Q値を高めるためにコイルの厚さ方向寸法をより大きくすることが必要とされている。ところが、

(1) スパッタ法や真空蒸着法を用いて基板上にコイルを形成する方法では、コイルの厚さ方向寸法に相当する厚い膜厚を持つ導電体の層を、スパッタ法や真空蒸着法によって形成することが必要となる。しかし、スパッタ法で厚い膜厚(以降、厚膜と略称することがある。)を形成することは、次記することが主因で導電体の層に大きな内部応力が発生する(この内部応力は厚膜となるほどその値が増大する)ことで基板に反りを生じ、フォト

工程等の後工程の実施に不都合が生じる。また、例えば、A1を用いて30〔 μm 〕の膜厚を持つ厚膜の導電体層を形成する場合を例にとると、スパッタ法におけるA1の成膜速度は6~12〔 $\mu\text{m}/\text{h}$ 〕程度であるので、成膜時間は約2.5~5〔h〕を要することになり、厚膜の導電体層の形成にスパッタ法を採用することは、成膜時間の点でも実地的なものではないのである。また以上の問題は、真空蒸着法を用いる場合においても大同小異で存在するのである。

【0013】ところで、スパッタ法による導電体層の形成時に導電体層に発生する内部応力の主因は、次記の①項~③項をあげることができる。

①熱応力：導電体層と基板は、スパッタの実施中にはその温度が共に上昇し、スパッタが終了すると常温まで低下することになるが、両者の熱膨張率の差異により内部応力が発生する。

【0014】②熱収縮：基板とは無関係に導電体層それ自体が、スパッタ実施中には高温状態であったものが、スパッタ終了後に常温にまで冷却して収縮することで、内部応力が発生する。

③相転移：スパッタ法により導電体層を形成する過程で、導電体は液体から固体に相転移するので、その際の体積変化により内部応力が発生する。また、

(2) 面状コイル装置9においては、次記する問題がある。

【0015】④コイル7を構成する導電層71、導電層72には、高いQ値を得るのに好都合である小さい固有電気抵抗率値を持つことでCuが用いられることが多い。しかしCuを用いた場合、通電層78の一部をエッチングして導電層71を得る際に、導電層72の一部がエッチングされることを避けることができない。このためにコイル7の導体断面積が減少(導体占積率の低下とも呼ばれている)し、コイル7の電気抵抗値の低減努力に対する妨げになっている。すなわち、面状コイル装置9のQ値の向上の妨げになっている。また、通電層78の一部をエッチングして導電層71を得ることは、面状コイル装置9の製造に要する工程数を増大させることにもなっている。

【0016】⑤感光性合成樹脂材を用いて外側電気絶縁層82を形成する工程において、現在上市されている感光性合成樹脂材は、全て、その熱硬化時に大きな熱収縮性を示す性質を持っている。このために、コイル7が厚膜の導体寸法を有する場合ほど顕著に、外側電気絶縁層82の上面は厚さ寸法が大きい部位で大きな凹みを持つ凹凸状となる。このために、複数層のコイル7を有する場合の、上層のコイル7を形成するためには、下層のコイル7に対する外側電気絶縁層82の上面を平坦化する平坦化工程が必要となる場合がある。このことも、面状コイル装置9の製造に要する工程数を増大させる要因になっている。さらに、

⑥図9中には記載しなかったが、前述したように面状コイル装置9においては、スリットを有する磁性膜を形成する場合や、各ターンが複数に分割されたコイルを有する場合がある。これ等の磁性膜へのスリットの形成や、コイル各ターンの分割は、フォトリソグラフィ法とエッチング法とを用いて行うことが一般である。しかしながら、前記の⑤項で述べた外側電気絶縁層82の上面の凹凸の存在は、磁性膜へのスリットの形成工程、コイル各ターンの分割工程に対しても不都合である。これ等の場合にも、外側電気絶縁層82の上面を平坦化する平坦化工程が必要となる場合があり得るのである。さらにまた、

(3) 面状コイル装置9Aにおいては、次記する問題がある。

【0017】⑦上側導体層74の下地ともなる下側導体層73を多層金属膜79から形成するためには、多層金属膜79をフォトリソグラフィ法とエッチング法とを用いて加工する工程が不可欠であるので、面状コイル装置9Aの製造に要する工程数を増大させることになっている。また、

⑧フォトリソマスクが必要となる工程が、多層金属膜79から下側導体層73を形成する工程と、側部電気絶縁層83を形成する工程とにあり、フォトリソマスク代が増大すると共に、前項の⑦項のことと合わせて、面状コイル装置9Aの製造に要する工程数を増大させることになっている。

【0018】この発明は、前述の従来技術の問題点を鑑みなされたものであり、その目的は、高いQ値を持ち得ると共に、少ない工程数で製造できるように改良された面状コイル装置およびその製造方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】この発明では前述の目的は、

1) 面状に形成された下側電気絶縁層と、下側電気絶縁層の表面上に導電性粒子が離散的に付着されることで形成されたメッキ下地層と、メッキ下地層の上に、樹脂材を用いコイル導体用の溝部を有して形成された側部電気絶縁層と、メッキ下地層の上の前記の溝部が形成された部位に、少なくともメッキ下地層側については無電解メッキ法により形成されたコイル導体と、側部電気絶縁層の前記の溝部を除く部分の上面部およびコイル導体の上面部を覆い樹脂材を用いて形成された上側電気絶縁層とを備えた構成とすること、または、

2) 前記1項に記載の手段において、側部電気絶縁層に用いられる樹脂材は、感光性の合成樹脂材である構成とすること、または、

3) 電気絶縁材を用いて下側電気絶縁層を面状に形成する工程と、下側電気絶縁層の表面上に物理的手法を用いて導電性粒子を離散的に付着させることでメッキ下地層

を形成する工程と、メッキ下地層の上に樹脂材を塗布し、コイル導体用の溝部を有するようにして側部電気絶縁層を形成する工程と、メッキ下地層の上の前記の溝部が形成された部位に、少なくともメッキ下地層側については無電解メッキ法によってコイル導体を形成する工程と、側部電気絶縁層の前記の溝部を除く部分の上面部およびコイル導体の上面部を覆って樹脂材を塗布し、上側電気絶縁層を形成する工程とを備えた製造方法とすること、または、

4) 前記 3 項に記載の手段において、側部電気絶縁層を形成する工程に用いられる樹脂材は感光性の合成樹脂材であり、この感光性の合成樹脂材を加熱して行われる焼成処理工程後に、コイル導体を形成する工程が実行される製造方法とすること、さらにまたは、

5) 前記 4 項に記載の手段において、側部電気絶縁層を形成する工程は、感光性の合成樹脂材を用いて複数の塗布回数を経て行われる製造方法とすること、により達成される。

【0020】

【発明の実施の形態】以下この発明の実施の形態を図面を参照して説明する。なお、この項の以下の説明においては、図 10 に示した従来例の面状コイル装置 9 A と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。図 1 は、この発明による面状コイル装置の実施の形態を示す図で、(a) は模式的に示す断面図であり、(b) は図 1 (a) の要部の上面図である。図 2 の (a) 乃至 (j) は、図 1 に示した面状コイル装置の製造過程を模式的に示す断面図である。なお、図 1 中には、図 2 で付した符号については、代表的な符号のみを記した。また、図 2 の (b) 乃至 (j) の各図中には、すでに前の工程に関する図で説明済の符号についてはその一部を省略した。さらに、図 2 (j) は図 1 (a) と同一内容の図である。図 1、図 2 において、1 は、スパイラル状に形成されたコイル 2、下部磁性膜 4、上部磁性膜 5 を主体とする面状コイル装置であり、平板状の基板 8 の上に形成されている。

【0021】面状コイル装置 1 の製作工程は、まず、平板状のシリコン基板などの基板 8 の上に薄い膜厚を持つ電気絶縁膜である電気絶縁膜 4 1 が電気絶縁材によって形成され〔図 2 (a)〕、続いて、電気絶縁膜 4 1 の上に、所望の膜厚を持つ下側磁性膜 4 が形成される〔図 2 (b)〕。この下側磁性膜 4 は、所望の膜厚を持つ軟磁性材製の膜を、例えばスパッタ法を用いて電気絶縁膜 4 1 の上にまず形成し、この軟磁性材製の膜を、例えば周知のフォトリソグラフィ法と周知のエッチング法とを用いて加工することで得られる。下側磁性膜 4 などの上には、電気絶縁材によって下側電気絶縁膜 1 1 が形成される〔図 2 (c)〕。

【0022】次に、この発明になる面状コイル装置用のコイル導体の形成に関する特長の一つであるメッキ下地

層 1 2 が下側電気絶縁膜 1 1 の上に形成される〔図 2 (d)〕。このメッキ下地層 1 2 は、金属粒子などの導電性粒子を下側電気絶縁膜 1 1 の表面に離散的に付着させることで形成されており、この工程には、スパッタ法や蒸着法などの物理的手法の適用が好適である。導電性物質を用いて、この導電性物質と同質の膜（スパッタ膜）をスパッタ法により物体の表面に形成する際には、物体を構成している原子の中の吸着エネルギーの大きな部分（一般に核と呼ばれている）を中心として導電性物質の原子が吸着されることで、スパッタ膜の結晶の成長が進んで行くことが知られている。

【0023】そうして、この核を中心とする導電性物質の原子の吸着が進展することで導電性物質の結晶が島状に広がって行くのであるが、この核は物体の表面に多数存在しているので、多数のこの結晶の島が物体の表面上に同時に形成されることになる。スパッタを継続し続けると、個々の結晶の島は徐々に大きくなり、やがて結晶の島の相互間が重なり合うようになることで、物体表面上に導電性物質の膜が形成されることになるのである。

【0024】発明者らは、この膜状となる前の、導電性物質の結晶が島状に存在している状態に着目した。物体が電気絶縁層である場合にも、導電性物質の島状の結晶である導電性粒子は、この状態では、電気絶縁層の表面上に離散的に付着されていることになるので、電気絶縁層の表面は電気絶縁状態が維持される。したがって、導電性粒子が離散的に付着されることで形成された層が存在していても、電気絶縁状態の電気絶縁層表面を得ることを目的にして、この層（メッキ下地層 1 2）を除去することは不要なのである。なお、メッキ下地層 1 2 の形成に関しては、蒸着法などの他の物理的手法を用いてもスパッタ法の場合と同様な理由により、電気絶縁層の表面上に導電性粒子が離散的に付着された層を形成することが可能である。

【0025】また、後記する無電解メッキ導体層 2 1 の形成に際しては、メッキ下地層 1 2 に離散的に付着されている導電性粒子が、スパッタ法などにおける核と同様の役目を担ってメッキ金属の成長が進んで行く。したがって、メッキ下地層 1 2 と無電解メッキ法とを組み合わせることで、電気絶縁層の表面を電気絶縁状態に維持すると共に、その所望の部分に局部的に導電層を形成することが可能なのである。この点がこの発明になる面状コイル装置における、コイル導体の形成に関するもう一つの特長である。

【0026】メッキ下地層 1 2 が形成された下側電気絶縁膜 1 1 の上には、次に、適宜の樹脂材を用いて側部電気絶縁層 1 3 の形成が行われる。樹脂材としては、例えば、感光性の合成樹脂材や非感光性の合成樹脂材の採用が可能であるが、感光性の合成樹脂材を採用する場合には、厚膜でしかも溝部 1 3 a を有するコイル導体用の側部電気絶縁層 1 3 を、比較的少ない工程数で形成する

ことが可能である。ところでコイル導体を厚い膜厚とする必要がある場合には、感光性の合成樹脂材を用いて側部電気絶縁層13を形成する際の合成樹脂材の塗布回数が重要なファクタとなり得る。感光性の合成樹脂材をスピンコータを用いて塗膜を形成しようとする場合、他の樹脂材を用いる場合と同様に、スピンコータの回転数を低減する方法をとることが考えられる。しかし、塗膜の膜厚の均一度を維持するためにはスピンコータの回転数の下限値には制約があるので、スピンコータ回転数の低減に加えて、粘度の高い感光性合成樹脂材を使用する方法もとられている。

【0027】しかし、30〔 μm 〕前後を越える厚い膜厚を1回の塗布によって得ようとする、現在上市されている感光性合成樹脂材では、その透光度が低下してしまうことで、感光性合成樹脂材としての感光性の発揮が難しくなるという性質を持っており、その採用が困難になる。すなわち、複数の塗布回数とすることで、感光性合成樹脂材の非感光性合成樹脂材に対する利点を発揮できることになるのである。感光性のポリイミドを2回塗布して得られた電気絶縁膜の膜厚に関して、発明者らによって得られた実験データ例を図3に示す。図3に示す実験データは、常温における粘度が約4000〔 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 〕である透光性の良好な感光性ポリイミドを、スピンコータを用いての塗布と、ブリベーク処理とでなる塗布工程を2回行い、塗布後、加熱・焼成処理を行うことで得られた。

【0028】図3において、横軸はスピンコータの回転数〔 rpm 〕値を、縦軸は得られた塗膜の膜厚〔 μm 〕値を示し、また図中のグラフは、点線で焼成処理前の膜厚データを、実線で焼成処理後の膜厚データをそれぞれ示している。図3によるデータから、塗布回数を2回とすることで、感光性が良好で、かつ、30〔 μm 〕程度以上の膜厚を持つポリイミド膜が得られることが確認できる。より厚い膜厚のものが必要な場合には、塗布回数を3回以上とすればよいことは勿論のことである。また図3から、焼成処理の実施によって膜厚値が大きく低減していることが知れるが、これは、実験に用いられた感光性ポリイミドが、焼成処理に際して大きく熱収縮をしていることを示している。

【0029】かくして、感光性の合成樹脂材に周知のフォトリソグラフィ法を適用して、または、非感光性の樹脂材による塗膜を周知のフォトリソグラフィ法と周知のエッチング法とを用いて加工することで、溝部13aを有する側部電気絶縁層13が得られる〔図2(e)〕。この溝部13aは、後記のコイル導体2が持つパターンの型となるもので、メッキ下地層12に達する深さを有する。また、側部電気絶縁層13の形成の際には、メッキ下地層12はそのままとされており、したがって、溝部13aの底部にはメッキ下地層12が露出している。この露出しているメッキ下地層12の上に、無電解メッ

キ法により無電解メッキ導体層21が溝部13aが持つパターンと同形に形成される〔図2(f)〕。

【0030】この無電解メッキ導体層21を厚膜に形成しようとする場合には、無電解メッキを行うことにより発生する応力が不都合なほど過大となることが起こる場合がある。また、無電解メッキ法と電解メッキ法とを比較すると、同一のメッキ膜厚を得るのに要する処理時間は、無電解メッキ法の方が長い。応力の抑制や処理時間の短縮が必要となる場合は、無電解メッキ導体層21の膜厚は、電解メッキ法用の通電層用として必要な膜厚に止めることがよい。したがって、必要な場合には、無電解メッキ導体層21を通電層として用いる電解メッキ法により、電解メッキ導体層22が形成され、無電解メッキ導体層21と電解メッキ導体層22とでコイル2用の導体が形成される。当然のことであるが、コイル2用の導体は溝部13aが持つパターンと同形に形成される

〔図2(g)〕。このパターンを持つコイル2の形成に際して、メッキ下地層12、無電解メッキ導体層21および電解メッキ導体層22に対するエッチング加工が一切不要であることは、この発明になる面状コイル装置1の特長である。

【0031】コイル2用の導体の上と、溝部13aを除く側部電気絶縁層13の上には、適宜の樹脂材を用いて上側電気絶縁層14が形成され、この上側電気絶縁層14のコイル2の端部に対応する部位には貫通穴14aが適宜の方法を用いて形成される〔図2(h)〕。上側電気絶縁層14に用いられる樹脂材、貫通穴14aの形成に用いられる加工方法は側部電気絶縁層13の場合と同様であるので、重複を避けてその説明を省略する。

【0032】面状コイル装置1が持つコイル2の層数が複数である場合には、以上の工程を繰り返すことで、1層目のコイル2の上に2層目以降のコイル2が形成される。面状コイル装置1を構成する最上層のコイル2が持つ上側電気絶縁層14の上には、所望の膜厚を持つ上側磁性膜5が SiO_2 膜などの保護膜を介して形成される。そうして、上側磁性膜5の貫通穴14aに対向する部位には穴状部5aが形成される。〔図2(i)〕。上側磁性膜5および穴状部5aの形成方法は、下側磁性膜4の形成に用いられる方法と同様であるので、重複を避けてその説明を省略する。

【0033】最後に、穴状部5a、貫通穴14aに対向する部位に貫通穴51aを有する保護膜51が、上側磁性膜5の上に電気絶縁材によって形成され、必要に応じて、穴状部5a、貫通穴14a、51aから露出しているコイル2に、コンタクト部7aなどが形成されて、面状コイル装置1が完成する〔図2(j)〕。なお、図1、図2中でも、面状コイル装置1が持つ各コイル2の巻数は3ターンであるとして描かれている。当然のことではあるが、各コイル2の巻数は3ターンに限定されるものではなく、任意のターン数のものを得ることが可能

であるし、コイル2のパターン形状等も、設計によって必要となる各種のものを製作することが可能である。なお、下側磁性膜4、上側磁性膜5を不要とする面状コイル装置も存在し得ることを付言しておく。

【0034】前述した構成を持ち、また前述した製造方法を用いる面状コイル装置1では、コイル2用導体をスパッタ法、真空蒸着法を用いることなく形成できるので、従来例において高いQ値とする場合における、応力や成膜時間の問題を解消できる。また、コイル2用導体は側部電気絶縁層13の溝部13aが形成された後に、メッキ法によって形成される。このことにより、コイル2用導体の形成途中で、電気絶縁層や工程途中のコイル用導体にエッチングを行うなどの工程は存在しないので、コイル用導体の一部がエッチング時に失われることで、コイル用導体の占積率が低下するという従来例の場合の問題を解消できる。またこのことによって、コイル用導体の形成に要する工程数の低減が可能となる。

【0035】また、側部電気絶縁層13の溝部13aにコイル2用導体を形成することは、側部電気絶縁層13に用いられている樹脂材の熱収縮後にコイル2用導体が形成されることを意味する。したがって、側部電気絶縁層13に用いる樹脂材として、現在上市されている感光性合成樹脂材のように硬化時に大きな熱収縮性を示す性質を持つ樹脂材を用いたとしても、樹脂材の熱収縮性の問題を回避することができるのである。すなわち、面状コイル装置1では、側部電気絶縁層13に感光性合成樹脂材(図3を参照)を採用してもその大きな熱収縮性が不利なこととはならず、工程数を低減できるという利点のみを生かすことが可能となるのである。さらに、側部電気絶縁層13に用いる樹脂材の熱収縮後にコイル2用導体を形成できることは、コイル2用導体が厚膜である場合であっても、コイル2用導体の上部側が平坦な状態で製作できることである。したがって、従来例で必要とされていた平坦化工程を不要または簡略化することが可能となるという利点が得られるのである。

【0036】

【実施例】以下この発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。なお、この項の以下の説明においては、図1、図2に示したこの発明の実施の形態による面状コイル装置1、図9、図10に示した従来例の面状コイル装置9、9Aと同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。

【0037】実施例1；図4の(a)乃至(j)は、この発明の一実施例による面状コイル装置の製造過程を模式的に示す断面図である。図5は、図4中に示した上側磁性膜の上面図であり、図6は、図4中に示したコイルの上面図である。また、図4の(b)乃至(j)の各図中には、すでに前の工程に関する図で説明済の符号についてはその一部を省略した。図4～図6において、1Aは、スパイラル状に形成されたコイル2A、下部磁性膜

4A、上部磁性膜5Aを主体とする面状コイル装置であり、平板状の基板8の上に形成されている。まず、図4(a)乃至(j)に従って、面状コイル装置1Aの製作工程を説明する。

【0038】図4(a)：シリコン基板8上にポリイミドを塗布・焼成し、膜厚が3〔μm〕の電気絶縁膜41Aを形成する。

図4(b)：電気絶縁膜41A上に、Co、Hf、TaおよびPdの混合物質のアモルファス膜をスパッタ法で3〔μm〕厚に成膜し、フォトリソグラフィ法とエッチング法とを用いて加工することで、軟磁性材製の下側磁性膜4Aを形成する。

【0039】図4(c)：下側磁性膜4Aなどの上にポリイミドを塗布・焼成し、下側電気絶縁膜11Aを形成する。

図4(d)：下側電気絶縁膜11A上にメッキ下地層12Aを形成する。このメッキ下地層12Aの形成は、Ptをスパッタ法によって約4〔Å〕という極めて薄い膜厚に成膜することで行う。この膜厚を持つPtのスパッタ膜は、発明の実施の形態の項で説明したところによるPtの結晶が下側電気絶縁膜11A上に島状に存在している状態の膜である。試作した面状コイル装置1Aにおいて、このメッキ下地層12Aが形成された下側電気絶縁膜11Aの表面電気抵抗を測定したところ、500〔MΩ〕以上という高い値が得られた。すなわち、メッキ下地層12Aが存在していても、下側電気絶縁膜11Aの表面を流れる漏れ電流を実質的に無視することができることになるのである。

【0040】図4(e)：メッキ下地層12Aが形成された下側電気絶縁膜11Aの上に、溝部13aを有する膜厚35〔μm〕の側部電気絶縁層13Aを形成する。側部電気絶縁層13Aの形成に当たっては、まず、感光性ポリイミド(旭化成製、商品番号G-7613N)を2回塗布した。1回目の塗布工程では、前記の感光性ポリイミドを2300〔rpm〕で回転するスピンコータを用いて塗布し、クリーンオープンを用いて80

〔℃〕、30〔min〕でブリベークを行った。2回目の塗布工程では、前記の感光性ポリイミドを1回目の場合と同一条件で塗布し、クリーンオープンを用いて80〔℃〕、40〔min〕でブリベークを行った。その後、フォトリソグラフィ法の周知の工程であるフォトマスクを用いての密着露光・現像を行い、350〔℃〕で焼成し、溝部13aを有する側部電気絶縁層13Aを得た。なお、隣接する溝部13aの間の相互間隔幅は10〔μm〕である。

【0041】図4(f)：図4(e)までで得られた中間製品を、45〔℃〕とした無電解メッキ液(高純度化学製、商品番号C-200LT)中に2〔min〕浸漬し、溝部13aに露出しているメッキ下地層12Aの上に、無電解メッキ導体層21Aを形成する。

図4(g): 図4(f)までで得られた中間製品に対して、電解メッキ導体層21Aを通電層として使用し、電解メッキ液(高純度化学製、商品番号C-100EF)を用いて、電流密度5[A/cm²]で120[mi n]メッキ処理を行い、無電解メッキ導体層21Aの上に電解メッキ導体層22Aを形成する。無電解メッキ導体層21Aと電解メッキ導体層22Aとを合わせたものが、面状コイル装置1Aのコイル2A用導体である。

【0042】図4(h): コイル2A用導体の上と、溝部13aを除く側部電気絶縁層13Aの上に、感光性ポリイミドを塗布し、コイル2Aの端部に対応する部位に貫通穴14aをフォトリソグラフィ法を用いて加工し、焼成を行うことで、上側電気絶縁層14Aを形成する。

図4(i): 上側電気絶縁層14A上に、膜厚0.2[μm]のSiO₂膜の保護膜と、膜厚3[μm]の軟磁性材膜の上側磁性膜5Aとが成膜され、フォトリソグラフィ法とエッチング法とを用いて加工することで、不要部分が除去される。

【0043】図4(j): 最後に、上側磁性膜5などの上に、感光性ポリイミドを塗布し、貫通穴51aをフォトリソグラフィ法を用いて加工し、焼成を行うことで、保護膜51を形成し、コイル2Aの端部に、コンタクト部7aが形成される。かくして得られた面状コイル装置1Aが持つコイル2Aは、図6に示したような巻数が3ターンのスパイラル状のものとして形成される。また、面状コイル装置1Aが持つ上側磁性膜5Aは、図5に示したように、コイル2Aの両端部に対向するそれぞれの部位に、穴状部5a、5aが形成される。

【0044】実施例1による面状コイル装置1Aは、前述の構成としたので、発明の実施の形態の項ですでに説明したところにより、従来例の面状コイル装置9、9Aと比較して、少ない工程で面状コイル装置が得られると共に、コイル2Aの占積率が向上することで、高いQ値を得ることができる。また、側部電気絶縁層13Aに硬化時の熱収縮量の大きな感光性合成樹脂材(例えば、図3を参照)を用いたとしても、何等の平坦化処理を施すことが無しに、上側電気絶縁層14Aの上面などを平坦な状態で製作することができるという大きな利点も得られる。

【0045】実施例2: 図7は、この発明の異なる実施例による面状コイル装置を模式的に示す図で、(a)は断面図であり、(b)乃至(d)は、図7(a)中に示した上側磁性膜の3種類のそれぞれ異なる実施例のそれぞれ上面図である。図7において、図4～図6に示したこの発明の一実施例による面状コイル装置と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図7中には、図4で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0046】図7において、1Bは、図4～図6に示したこの発明による面状コイル装置1Aに対して、下側磁

性膜4A、上側磁性膜5Aに替えて、それぞれ、下側磁性膜4B、上側磁性膜5Bを用いるようにした面状コイル装置である。これ等の両磁性膜4B、5Bが、面状コイル装置1Aが持つ両磁性膜4A、5Aと異なる点は、交流磁場等の変動磁場下で磁性膜に発生する渦流損値を低減するためのスリット6が形成されていることである。このスリット6の形成例については、上側磁性膜5Bに代表させて、図7(b)乃至(d)中に示してある。この内、図7(b)はスリット6を4本、図7(c)はスリット6を8本、また、図7(d)はスリット6を16本形成した事例である。なお、磁性膜4B、5Bのごとくに、磁性膜にスリット6を形成することによる作用・効果は、特開平6-77055号公報などに詳しいので、重複を避けてその説明を省略する。

【0047】面状コイル装置1Bなどのこの発明になる面状コイル装置の、磁性膜(コイル2Aの層数は単層である場合には、上側磁性膜のみが対象になる)にスリット6を形成する場合の利点は、実施例1の項で述べたように、何等の平坦化処理を施すことが無しに、上側電気絶縁層14Aの上面を平坦な状態で製作することができるという点に起因している。従来例の面状コイル装置の場合には、上側電気絶縁層14Aの上面を平坦な状態で製作することは困難なため、特に上側磁性膜にスリット6を形成する場合には、上側電気絶縁層14Aの上面の平坦化処理が不可欠であった。これが原因で、従来例の面状コイル装置では、スリット6の形成が好ましい場合にもスリット6の形成を行わないか、あるいは、スリット6の本数を極力少なく設定していた。これに対して、この発明になる面状コイル装置では、上側磁性膜にスリット6を形成する場合であっても、上側電気絶縁層14Aの平坦化処理がほとんど不要であるので、図7(b)乃至(d)中に示したように、設計上必要な本数のスリット6を適宜に選択して形成できるのである。

【0048】実施例3: 図8は、この発明のさらに異なる実施例による面状コイル装置を模式的に示す図で、

(a)は断面図であり、(b)は、図8(a)中に示したコイルの上面図である。図8において、図4～図6に示したこの発明の一実施例による面状コイル装置と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図8中には、図4で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0049】図8において、1Cは、図4～図6に示したこの発明による面状コイル装置1Aに対して、側部電気絶縁層13A、コイル2Aに替えて、それぞれ、側部電気絶縁層13B、コイル2Bを用いるようにした面状コイル装置である。コイル2Bが、面状コイル装置1Aが持つコイル2Aと異なる点は、交流動作時のコイルの電気抵抗Rの値の増加度を抑制するために、コイルのターンを2個に分割して形成されていることである。この2分割されたコイル2Bの形状は、上面から見た場合の

形状について図8(b)に示してある。なお、コイルのターンを複数に分割するなどして形成することによる作用・効果は、特開平5-41320号公報などに詳しいので、重複を避けてその説明を省略する。なお、側部電気絶縁層13Bを側部電気絶縁層13Aに対して異ならせた理由は、2分割されたコイル2Bが得られるようにするためである。

【0050】コイル2などを分割するには、側部電気絶縁層13Aが持つ溝部13aなどのパターン形状を、予めコイルの分割数に合わせてエッチング加工しておくことで対応することができる。面状コイル装置1Cなどのこの発明になる面状コイル装置の、コイルを分割する場合の利点は、実施例1の項で述べたように、何等の平坦化処理を施すことが無しに、上側電気絶縁層14Aの上面を平坦な状態で製作することができるという点に起因する。すなわち、この発明になる面状コイル装置の場合には、第2層目以降のコイルの場合であってもコイルの分割を容易に行うことができるのである。

【0051】

【発明の効果】この発明においては、前記の課題を解決するための手段の項で述べた構成、製造方法とすることにより、次記する効果を奏する。

①前記の課題を解決するための手段の項の(1)項による構成、および/または(3)項による製造方法とすることにより、高いQ値を持つ面状コイル装置を従来の技術によるものと比較して少ない工程で得ることが可能となる。また、コイルの占積率が向上することで高いQ値を持つ面状コイル装置を小形に製作することが可能となる。さらに、側部電気絶縁層に硬化時の収縮量の大きな樹脂材を用いたとしても、何等の平坦化処理を施すこと無しに、上側電気絶縁層の上面などを平坦な状態で製作することができるという利点も得られる。また、

②前記の課題を解決するための手段の項の(2)項による構成、および/または(4)項による製造方法とすることにより、面状コイル装置の主要部である側部電気絶縁層のエッチング工程を省略できることにより、前記①項の効果を得ながら、製造原価の安価な面状コイル装置の提供が可能になる。さらにまた、

* ③前記の課題を解決するための手段の項の(5)項による製造方法とすることにより、厚膜の面状コイル装置に対しても感光性の合成樹脂材の採用が可能となるので、厚膜の面状コイル装置の場合も、前記②項の効果を得ることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明による面状コイル装置の実施の形態を示す図で、(a)は模式的に示す断面図、(b)は図1(a)の要部の上面図

【図2】(a)乃至(j)は、図1に示した面状コイル装置の製造過程を模式的に示す断面図

【図3】感光性のポリイミドを2回塗布して得られた電気絶縁膜の膜厚に関する実験データ例

【図4】(a)乃至(j)は、この発明の一実施例による面状コイル装置の製造過程を模式的に示す断面図

【図5】図4中に示した上側磁性膜の上面図

【図6】図4中に示したコイルの上面図

【図7】この発明の異なる実施例による面状コイル装置を模式的に示す図で、(a)は断面図、(b)乃至(d)は、図7(a)中に示した上側磁性膜の3種類のそれぞれ異なる実施例のそれぞれの上面図

【図8】この発明のさらに異なる実施例による面状コイル装置を模式的に示す図で、(a)は断面図、(b)は、図8(a)中に示したコイルの上面図

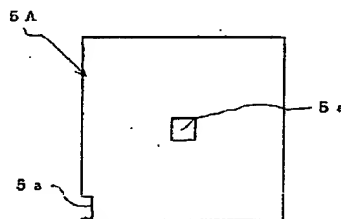
【図9】(a)乃至(g)はメッキ法を用いる従来例の面状コイル装置の製造過程を模式的に示す断面図

【図10】(a)乃至(g)は、薄膜技術と選択メッキ法とを用いる従来例の面状コイル装置の製造過程を模式的に示す断面図

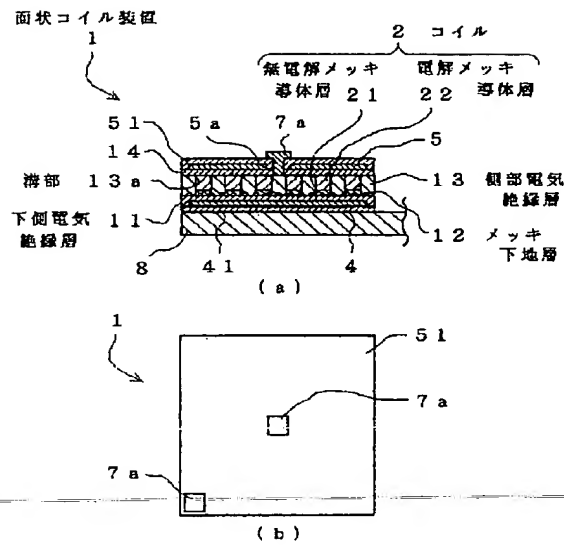
【符号の説明】

- | | |
|-----|-----------|
| 1 | 面状コイル装置 |
| 11 | 下側電気絶縁膜 |
| 12 | メッキ下地層 |
| 13 | 側部電気絶縁層 |
| 13a | 溝部 |
| 2 | コイル |
| 21 | 無電解メッキ導体層 |
| 22 | 電解メッキ導体層 |

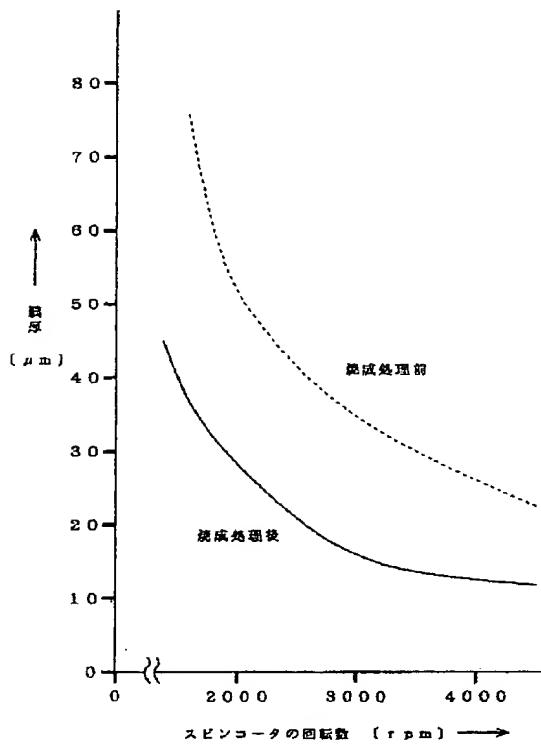
【図5】



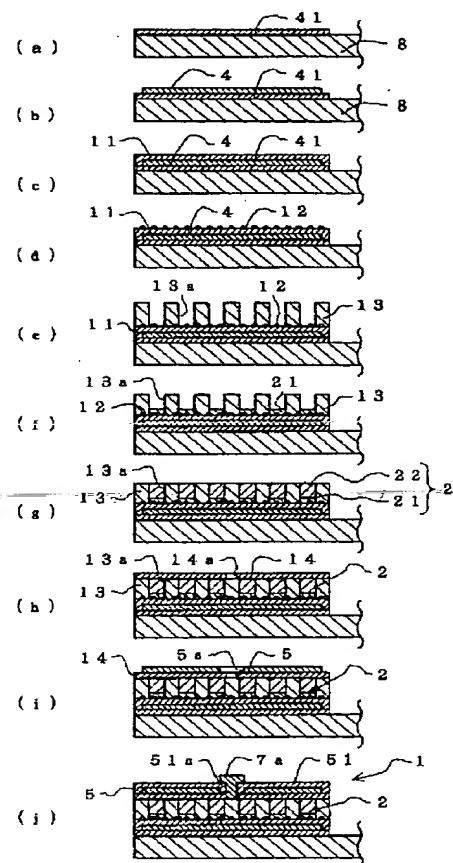
【図1】



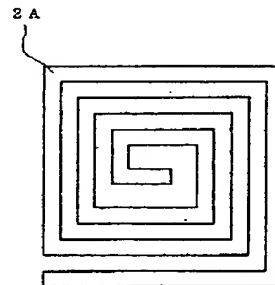
【図3】



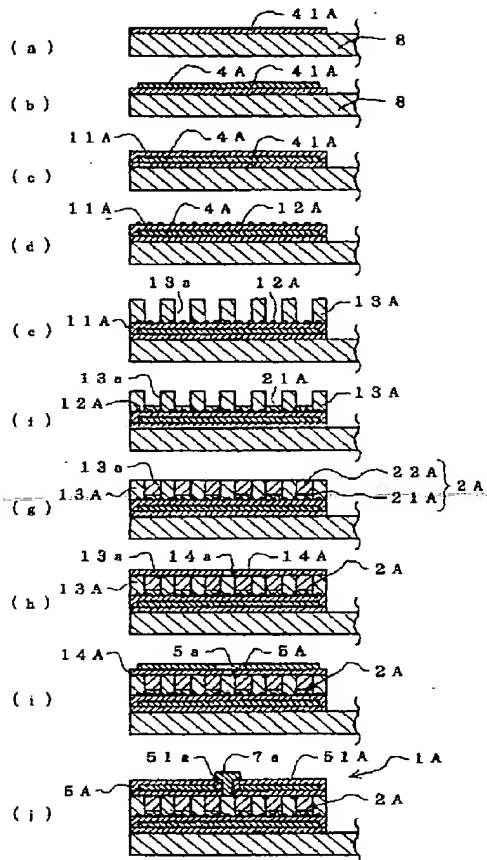
【図2】



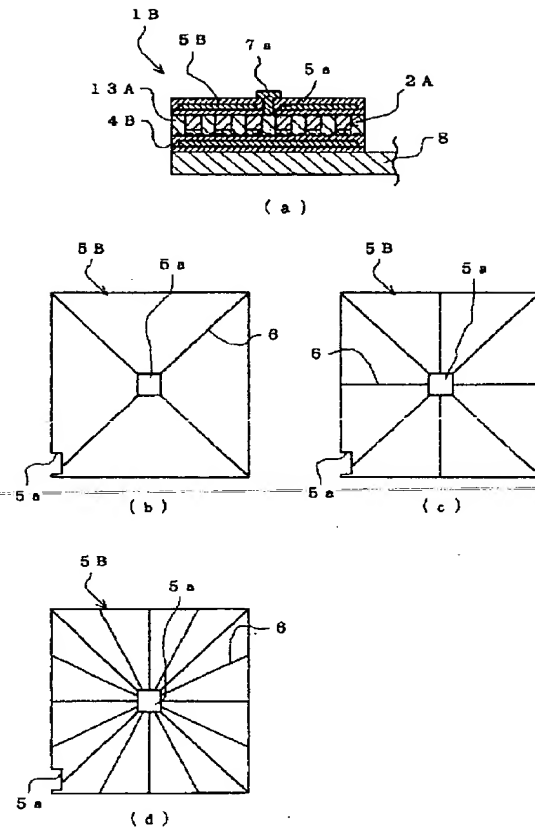
【図6】



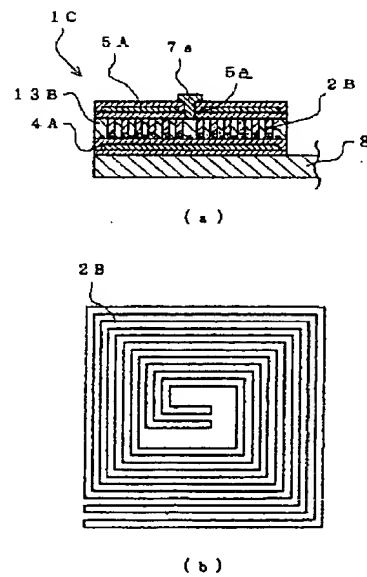
【図4】



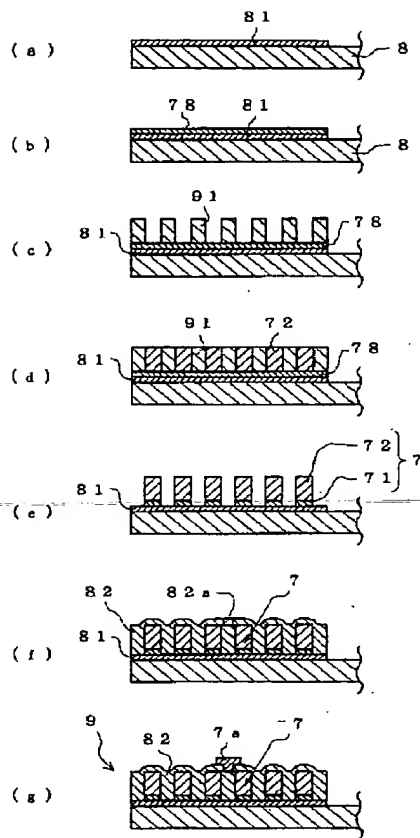
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

